

Etude de huit lignées de *Gossypium hirsutum* dans un croisement diallèle

B. HAU et D. MERDINOGLU

Généticiens I.R.C.T., I.D.E.S.S.A.
Département des Plantes textiles,
B.P. 604, Bouaké, Côte-d'Ivoire.

RÉSUMÉ

Un croisement diallèle entre huit lignées de *Gossypium hirsutum* représentatives du matériel sélectionné à Bouaké a été analysé selon le modèle fixe de GRIFFING (1956). Pour faciliter la présentation des résultats, les dix-sept variables agronomiques et les huit variables technologiques mesurées ont été réduites à respectivement quatre et deux axes d'analyses en composantes principales.

La prédominance des effets d'additivité indique au sélectionneur que l'amélioration du matériel étudié passe par l'exploitation de l'aptitude générale à la combinaison. Ce résultat montre également les limites des progrès possibles à partir du matériel travaillé à Bouaké et la nécessité de recourir à long terme à de nouvelles sources de variabilité.

Mots clés : *Gossypium hirsutum*, diallèle, aptitudes à la combinaison.

INTRODUCTION

Les programmes d'amélioration du cotonnier *Gossypium hirsutum* en Côte-d'Ivoire ont été orientés, dès leur origine, vers l'exploitation d'une population issue d'un croisement interspécifique (*G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*). L'hybride HAR de départ, réalisé en 1957, fut recroisé deux fois par des variétés de type Acala et une troisième fois par la variété Allen. La descendance de ce matériel a donné naissance à une population de lignées baptisée HAR × Allen, dont l'exploitation est conduite depuis plus de vingt ans en sélection pedigree massale (GOEBEL *et al.*, 1979). Très rapidement, des lignées ont pu être isolées, qui ont permis la création de variétés vulgarisées en milieu paysan : 444-2 en 1964, L 299-10 en 1970. Certaines sélections issues de l'hybride de départ et n'ayant subi que les deux backcrosses par Acala ont, par la suite, été recroisées par la variété 444-2 et ont permis la constitution d'une seconde population HAR × 444-2, exploitée suivant le même schéma de sélection pedigree massale. Plusieurs variétés intéressantes en sont issues : L 231-24, qui fut cultivée dans le Nord de la Côte-d'Ivoire jusqu'en 1978 ; L 142-9, qui a connu une grande diffusion au Cameroun.

En 1972, huit lignées descendantes du triple hybride HAR, ont été croisées selon un schéma diallèle (LEFORT et SCHWENDIMAN, 1974) et, trois ans plus tard, un autre diallèle est réalisé à partir de deux lignées HAR, deux variétés du Tchad et quatre variétés d'origine américaine (CATELAND et SCHWEN-

DIMAN, 1976). Leur étude a permis de constater la prédominance des effets géniques d'additivité. L'exploitation de l'aptitude générale à la combinaison semblait donc la meilleure voie pour poursuivre l'amélioration du matériel étudié. C'est ainsi, en particulier, que fut réalisé un hybride entre les trois lignées HAR qui possédaient les meilleures AGC pour la plupart des caractères (L 231-24 × L 142-9) × (L 299-10 × L 231-24). Après plusieurs cycles de sélection généalogique, ce croisement a donné naissance à la variété ISA 205.

Tandis qu'étaient entrepris ces travaux, la sélection se poursuivait sur les deux populations HAR × Allen et HAR 444-2. Dès 1975, la première population n'était plus constituée que de descendances du L 299-10 et plus particulièrement d'une souche isolée dans sa descendance : T 120-7. Parallèlement, la seconde population avait permis d'isoler des lignées particulièrement performantes (U 563-19, U 585-12). Subissant des introductions d'origines diverses, cette seconde population, composée d'une minorité de descendances des lignes HAR × 444-2 fut rebaptisée « population de réserve ».

En 1980, un nouveau diallèle est réalisé, réunissant un ensemble de lignées récentes représentatives de la majeure partie du matériel en sélection à Bouaké. La présente étude expose les résultats obtenus à partir des F1 de ce croisement et les stratégies qui seront proposées pour leur exploitation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel végétal

Huit parents ont été utilisés dans notre schéma diallèle : deux descendance de la population HAR \times Allen (A 266-15 et A 209-9), deux de la « population de réserve » (A 495-4 et A 415-4), la lignée A 476-3 issue de la variété ISA 205, deux cultivars d'origine étrangère (P 279 du Paraguay et DP 16 des U.S.A.) et une sélection récente de Bouaké possédant les caractères glandless et nectariless (ISA 4 ne). Le tableau 1 donne la généalogie de ces huit lignées et variétés. Chacune de ces sélections a reçu un numéro d'ordre de 1 à 8 qui sera parfois repris dans la suite du texte.

La généalogie de ces variétés fait apparaître l'existence de plusieurs groupes dans notre matériel :

A. Le groupe des lignées de Bouaké

Cotonniers assez grands, associant de forts rendements en fibre avec des longueurs de bon niveau. A l'intérieur de ce groupe, on reconnaît plusieurs classes :

— les lignées issues de L 299-10 (A 266-15, A 209-9 et ISA 4 ne), possèdent en moyenne moins de trois branches végétatives qui assurent, à l'écartement de 1 m, 35 % de la production de coton-graine. Le micronaire est élevé du fait d'une forte valeur de la finesse intrinsèque. Résistance et ténacité sont bonnes (autour de 90 000 PSI au Pressley) ;

— les lignées issues de L 229-29 (A 495-5 et A 415-4) : ce sont des plants de port élevé, possédant en moyenne plus de trois branches végétatives, mais celles-ci portent moins de capsules que le groupe précédent. Les longueurs sont fortes. Les micronaires sont moyens (faibles valeurs de finesse intrinsèque). Résistance et ténacité sont très élevées (98 500 PSI pour A 495-5, 93 100 PSI pour A 415-4) ;

— la lignée A 476-3, issue de la variété ISA 205, est intermédiaire entre les deux classes précédentes. Sa principale originalité, ici, est un rendement en fibre très élevé.

B. Le groupe des variétés américaines

Ce sont des cotonniers de petite taille, de développement végétatif moins important que précédemment, possédant en moyenne trois (DP 16) ou deux (P 279) branches végétatives seulement. Pour P 279, celles-ci interviennent seulement pour 20 % dans la production de coton-graine du plant. Ces lignées, à l'écartement de 1 m, apparaissent moins productives que les lignées de Bouaké (en fait, la différence est beaucoup moins accentuée aux écartements serrés). Les rendements en fibre à l'égrenage sont faibles ainsi que les longueurs et la ténacité. L'allongement des DP 16 est excellent.

On trouvera en annexe 1, les valeurs moyennes des lignées pour les différentes caractéristiques mesurées.

Le dispositif expérimental

Le schéma diallèle inclut les parents et les croisements directs et réciproques, soit 8 F0 et 56 F1. Le dispositif de comparaison de ces 64 variétés au champ est un bloc de Fisher à trois répétitions. Les parcelles élémentaires sont constituées de 4 plants.

Les caractéristiques étudiées

Dix-sept mesures de caractéristiques agronomiques ont été effectuées sur chaque plant, la moyenne de quatre plants analysés fournissant la donnée correspondant à une parcelle élémentaire.

— *Caractéristiques de port* : (H) hauteur en cm ; (HF1) hauteur de la première branche fructifère (en cm) ; (HU) hauteur utile, calculée suivant la formule $(HU) = (H) - (HF1)$; (NBV) nombre de branches végétatives ; (NBF) nombre de branches fructifères.

— *Caractéristiques de floraison* : (Préc.) précocité, mesurée par la date d'apparition de la première fleur ; (FBV) nombre de fleurs sur les branches végétatives ; (FBF) nombre de fleurs sur les branches fructifères ; (CBF)/(FBF) % appréciation du shedding floral.

Tableau 1. — Généalogie des huit lignées utilisées

N°	Nom de la variété	Généalogie
1	A 266-15	[HAR \times (Acala)] \times Allen - L 299-10 - T 120-7 - W 193-5 - A 266-15
2	A 209-9 [HAR \times (Acala)] \times Allen - L 299-10 - T 120-7 - W 155-17 - A 209-9
3	A 495-5 [HAR \times (Acala)] \times (444-2) ³ - L 229-29 - U 563-19 - A 495-5
4	A 415-4 [HAR \times (Acala)] \times (444-2) ³ - L 229-29 - U 585-12 - A 415-4
5	A 476-3 (L 231-24 \times L 142-9) \times (L 299-10 \times L 231-24) - N 205-3 - A 476-3
6	P 279 Reba B 50 \times DP 16 SL
7	DP 16 (Introduction U.S.A.)
8	ISA 4 ne [F 280 \times (L 299-10) ⁴] \times [DP 16 ok ne \times (L 299-10) ⁵]

- *Caractéristiques de production*: (CBV) nombre de capsules sur les branches végétatives; (CBF) nombre de capsules sur les branches fructifères; (PCG) production de coton-graine par souche; (% F) rendement en fibre à l'égrenage; (PF) production de fibre par souche; (CBF)/(CBF + CBV) % pourcentage de capsules sur les branches fructifères par rapport au nombre total de capsules.
- *Caractéristiques de la capsule*: (PMC) poids moyen capsulaire; (SI) poids de 100 graines ou « seed index ».

L'analyse technologique a été réalisée à partir d'un échantillonnage de la fibre des quatre plants de chaque parcelle élémentaire. Huit variables ont été mesurées:

(L) longueur 2,5 % SL en mm; (UR) uniformité en longueur; (IM) indice micronaire; (PSI) résistance Pressley; (T1) ténacité au stélomètre; (E1) allongement au stélomètre; (Rd) réflectance; (+ b) indice de jaune.

D'autres quantités ont été évaluées sur un unique échantillon de fibre: (% FM) pourcentage de fibres mûres; (HS) finesse intrinsèque; (Rkm) résistance kilométrique du fil. En l'absence de répétitions sur ces mesures, celles-ci n'ont pu être incluses dans l'analyse statistique.

Analyse des données

Les résultats ont été analysés selon la méthode de GRIFFING (modèle I, méthode 1) (1956). Après avoir déterminé s'il y avait des différences significatives entre les génotypes, nous avons recherché la présence d'effets attribuables aux aptitudes générales à

la combinaison (AGC), aux aptitudes spécifiques à la combinaison (ASC) ou aux effets de réciprocité (ERC). D'autre part, nous avons calculé l'héritabilité au sens large h^2L , rapport de la variance génotypique sur la variance phénotypique σ^2G/σ^2P et l'héritabilité au sens strict h^2S , rapport des variances additive et phénotypique σ^2A/σ^2P (KEMPTHORNE, 1969).

Dans un premier temps, les vingt-cinq variables observées ont été analysées séparément. Pour réduire nos résultats à un nombre restreint de variables synthétiques indépendantes, nous avons réalisé avec tous les caractères observés une analyse en composantes principales. Une première analyse globale des 25 variables étudiées nous a montré que les caractères technologiques n'intervenaient pratiquement pas dans la définition des six premiers axes. Nous avons donc été conduits à traiter séparément les 17 variables agronomiques et les 8 variables technologiques. Dans chacune de ces deux analyses, nous avons retenu les composantes dont l'inertie était supérieure à la contribution d'une variable unique et nous avons tenté de leur associer une signification biologique.

Les coordonnées des individus sur les axes retenus sont analysés selon le modèle de GRIFFING, de manière identique aux caractères observés.

Toutes les analyses de variances ont été réalisées à l'aide d'une calculatrice programmable HP 41 CV (HAU et MERDINOGLU, 1982) et les analyses en composantes principales ont été effectuées sur l'ordinateur BURROUGHS 6800 du centre de calcul de l'Ecole nationale supérieure des Travaux publics de Yamoussoukro (Côte-d'Ivoire).

ANALYSE DES CARACTÈRES

Analyse des caractères observés

Nous avons effectué une régression progressive de la production de coton-graine sur les autres variables agronomiques. Le tableau 2 nous montre que le

coefficient de corrélation multiple (R) ne progresse plus de façon satisfaisante à partir du troisième pas. Les variables introduites sont successivement: le poids moyen capsulaire (PMC), le nombre de capsules des branches fructifères (CBF), le pourcentage

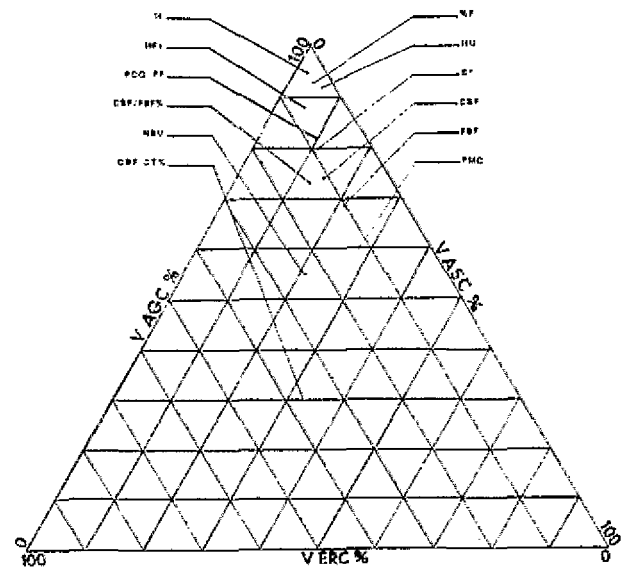
Tableau 2. — Régression progressive sur la production de coton-graine

Pas	Variable introduite	R	Variables de la régression	Coefficient de corrélation partielle
1	PMC	0,590	PMC	0,590
2	CBF	0,870	PMC CBF	0,668 0,644
3	CBF/(CBF + CBV) %	0,980	PMC CBF CBF/(CBF + CBV) %	0,878 0,830 — 0,521
4	H	0,981	PMC CBF CBF/(CBF + CBV) % H	0,852 0,807 — 0,499 0,065

de capsules des branches fructifères par rapport au nombre total de capsules ($CBF/CBF + CBV$). A ce stade, la liaison partielle entre la production et le pourcentage des capsules sur les branches fructifères est négative. Ce dernier caractère fait intervenir la production des branches végétatives qui contribue de façon irrégulière à la production totale (RAY et RICHMOND, 1966), ce qui peut constituer un inconvénient. En effet, le dispositif expérimental utilisé, où les plants sont semés à écartement large (10 000 pieds/ha), favorise le développement des axes végétatifs. Il donne une idée biaisée du potentiel productif en milieu paysan (100 000 pieds/ha) où le développement des branches végétatives est minime. On considérera donc comme adaptés au semis dense, les géotypes dont la production est préférentiellement due aux capsules portées par les branches fructifères.

Une analyse de la variance a été réalisée pour chaque caractère. Plutôt que de présenter ces résultats de manière exhaustive, il est préférable de comparer simultanément la part de variation attribuable aux différents effets AGC, ASC et ERC. Il est, en effet, possible de synthétiser l'ensemble de ces résultats sur une représentation triangulaire où l'on reporte, sur les trois côtés d'un triangle équilatéral la part respective de la variation due à chacun des trois effets, calculée en pourcent de leur somme. La résultante des trois valeurs est un point caractéristique d'une variable pour le matériel considéré. A ces résultats, peuvent se superposer des zones de signification définies grâce à un test F (HAU et MERDINOGLU, 1982). Sur le plan agronomique (fig. 1), les effets d'AGC apparaissent prépondérants dans la variation pour la majeure partie des caractères mais, pour le poids moyen capsulaire, le nombre de branches végétatives et le pourcentage de capsules des branches fructifères, aucun des trois effets ne semble l'emporter. Pour les caractères technologiques, la situation

Fig. 1. — Triangle des variances des caractères agronomiques.



est claire (fig. 2) : la part de variation attribuable aux effets d'AGC est très supérieure à celle des autres effets.

L'hétérosis (tabl. 3) est pratiquement inexistant sur les caractères technologiques. Sur le plan agronomique, quatre caractères sont nettement hétérotiques : la production de fibre (PF), la production de coton-graine (PCG), le nombre de fleurs sur les branches fructifères (NBF) et le poids moyen capsulaire (PMC). Nos résultats confirment ainsi que l'exploitation d'hybride F1 peut conduire à des résultats intéressants au niveau agronomique. Actuellement, ce type d'hybride semble connaître un déve-

Tableau 3. — Hétérosis*
a) Caractères agronomiques

Caractères	H	F1	HU	NBV	$\frac{CBF}{CBF + FBF} \%$	CBF	PCG	% F	PF	$\frac{CBF}{(CBF + CBV)} \%$	PMC	SI
Valeur de l'hétérosis	1,28	-5,33	7,30	0,32	-5,55	9,98	12,93	1,46	14,05	-0,44	8,36	2,25

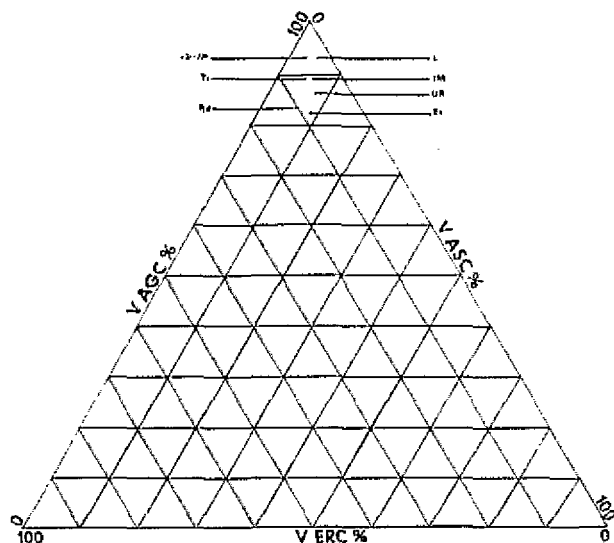
b) Caractères technologiques

Caractères	L	UR	IM	PSI	T1	E1	Rd	+ b
Valeur de l'hétérosis	1,98	0,25	-2,15	-1,71	-2,41	-1,21	0,02	0,41

* Seuls les caractères pour lesquels un effet significatif a été décelé au niveau des géotypes figurent sur ce tableau.

loppement important dans certains pays (Inde et Pakistan principalement: BALUCH 1981, RAMACHANDRAN, 1981).

Fig. 2. — Triangle des variances des caractères technologiques.



Définition des composantes principales

1. ACP des variables agronomiques

Les pourcentages d'inertie des six premiers axes sont les suivants :

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6
Inertie %	29,15	14,83	12,75	9,13	8,36	7,06
Inertie cumulée..	29,15	43,98	56,73	65,85	74,21	81,27

Tableau 4. — Coordonnées des variables agronomiques sur les quatre premiers axes facteurs

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
H	-0,788	-0,232		
HF1	-0,599	-0,389		
HU	-0,736			
NBV	-0,428	-0,503		
NBF	-0,484	0,525	-0,289	
Préc.			0,344	0,609
FBV	-0,625	-0,320		-0,312
FBF		0,370	-0,673	-0,496
CBF/BBF %		0,350		0,678
CBV	-0,288	-0,530	-0,674	0,292
CBF	-0,586	0,599	-0,465	
PCG	-0,873			
% F	-0,440			
PF	-0,897			
CBF/(CBF + CBV) %	-0,464	0,817	0,426	
PMC	-0,435		0,698	-0,400
SI	-0,233		0,275	

L'axe 7, avec 4,74 % de l'inertie totale, a une contribution inférieure à celle d'un caractère unique ($\frac{\text{inertie totale}}{\text{nombre de caractères}} = 100/17 = 5,88 \%$). D'autre

part, la chute d'inertie est faible à partir du cinquième axe. Nous ne retiendrons donc que les quatre premiers axes rendant compte de 65,88 % de la variation totale. Les coordonnées (coefficient de corrélation) des caractères, contribuant significativement à la définition des axes, sont indiquées dans le tableau 4.

Le premier axe présentant une dispersion maximale sur l'ensemble des individus est le plus discriminant. Toutes les variables qui rendent compte de la taille de la plante (H; HU, HF1) et des capsules (PMC), du nombre de branches et de capsules et de la production y sont corrélées négativement. C'est un axe à caractère quantitatif qui oppose les plants à développement important (vers les valeurs négatives) à ceux qui sont les plus chétifs (vers les valeurs positives). Nous appellerons donc cette première composante « axe de vigueur générale ».

Le deuxième axe oppose les structures développant préférentiellement une production sur les branches fructifères (valeurs positives) à celles dont la production des branches végétatives est relativement importante. Comme nous l'avons vu plus-haut, les individus qui, à écartement large présentent l'essentiel de leur production sur les branches fructifères, sont les plus aptes à maintenir leur performance à

écartement serré. Nous appellerons cette composante « axe d'adaptation au semis dense ».

Le troisième axe rend compte de la distribution de la production sur la plante. C'est un axe à caractère physiologique qui oppose les plantes ayant peu de grosses capsules (valeur positive) à celles possédant beaucoup de petites capsules. Nous l'appellerons « axe d'opposition poids/nombre de capsules ». Son utilisation comme critère de sélection est difficile à préciser. Dans la mesure où l'on cultive le coton dans une zone à forte pression parasitaire comme en Côte-d'Ivoire, on peut penser qu'il est préférable d'avoir un grand nombre de petites capsules, ce qui permet d'augmenter les chances de conserver la production en cas d'attaque d'insectes (SCHWENDIMAN *et al.*, 1975). La bonne efficacité de la nouvelle génération d'insecticides à base de pyréthri-noïdes rend cette nécessité moins importante qu'avant. De plus, la liaison positive classique entre seed-index et poids capsulaire, conduit à s'intéresser aux capsules relativement grosses qui garantissent un poids de graine suffisant.

Le quatrième axe oppose la floraison et le shedding à la tardivité. Il rend compte du fait qu'un même nombre de capsules peuvent être issues de beaucoup de fleurs dont peu parviennent à la fructification, ou d'un nombre moins important de fleurs subissant peu de shedding. Néanmoins, il conviendra d'être prudent dans la sélection, car le choix des types à faible shedding peut conduire à retenir les plus tardifs. Nous appellerons cette variable synthétique « axe de physiologie de la fructification ».

2. ACP des variables technologiques

L'axe 3, avec 11,32 % de l'inertie totale, a une contribution inférieure à celle d'un caractère unique (12,5 %). Nous ne retiendrons donc que les deux premiers axes représentant respectivement 37,4 % et 17,8 % de la variation totale. Dans le tableau 5, nous n'avons conservé que les coefficients de corrélation des variables contribuant significativement à la définition des axes.

Tableau 5. — Coordonnées des variables technologiques sur les deux premiers facteurs

	Axe 1	Axe 2
L	0,606	— 0,476
UR	0,500	0,212
IM	0,488	0,670
PSI	0,717	— 0,421
T1	0,718	— 0,466
E1	— 0,665	
Rd	— 0,552	— 0,408
+ b	0,599	0,327

Le premier axe oppose les fibres longues uniformes et résistantes à celles ayant un bon allongement à la rupture (valeurs négatives). Il sera appelé « axe de vigueur de la fibre ».

Le second axe oppose les fibres longues, fines et résistantes (valeurs positives) aux fibres courtes plus épaisses (finesse intrinsèque élevée ou meilleure maturité) et de moindre ténacité. Nous appellerons cette composante « axe de forme de la fibre ».

ANALYSE DIALLELE

Nous avons analysé, selon la méthode de GRIFFING, les coordonnées des individus sur les six axes des ACP retenus.

Analyse des variances des effets géniques et de réciprocité

Les résultats des analyses de variances sont présentés dans le tableau 6.

Les six axes donnant des différences significatives

au niveau génotypique, nous avons poursuivi les calculs pour l'analyse des effets géniques et de réciprocité.

Il existe pour toutes les composantes des effets importants attribuables aux AGC. Ceci indique, sous réserve que les interactions additive \times additive soient négligeables, que les effets additifs sont prédominants par rapport aux interactions dans la variation génotypique, notamment pour les variables technologiques où les ASC prennent une faible part

Tableau 6. — Analyse de la variance des variables synthétiques (** significatif à 1 % ; * significatif à 5 %)

	Agronomie				Technologie	
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 1	Axe 2
F genotypes	4,60**	1,73**	2,20**	1,52*	12,66**	2,48**
V AGC	1,275**	0,138**	0,186**	0,084*	2,504**	0,565**
V ASC	0,074*	0,058	0,067**	0,043*	0,034	0,031*
V ERC	0,063	0,063*	0,031	0,025	0,054*	0,050
Erreur	0,044	0,040	0,029	0,026	0,025	0,040

de la variance génotypique. Seul l'axe 3 agronomique présente une VASC très significative, les autres étant à la limite de la signification ou non significatifs. Quant aux effets réciproques, ils apparaissent peu significatifs, sauf pour l'axe 2 agronomique à la limite de 5 % et pour l'axe 1 technologique, mais à un niveau très inférieur à celui de la variance AGC.

Héritabilités

Le tableau 7 présente les estimations des héritabilités au sens large et au sens strict pour tous les axes.

Un regard sur les héritabilités au sens large montre que seuls les axes 1 agronomique et technologique présentent une variance génotypique importante par rapport à la composante environnementale. En d'autres termes, c'est sur ces variables que l'amélioration génétique sera la plus efficiente. A un degré moindre, l'axe 3 agronomique et l'axe 2 technologique ont une bonne héritabilité au sens large.

Parmi ces quatre axes, excepté l'axe 3 agronomique, les héritabilités au sens strict sont très voisines des héritabilités au sens large. Ce qui confirme la prépondérance des variances additives dans la variance génotypique pour ces variables.

Comparaison des variances

Pour effectuer la comparaison de l'importance relative de la variation de chaque effet, nous utiliserons la représentation triangulaire présentée plus haut. Nous verrons plus loin comment cette étude est déterminante pour la stratégie d'amélioration à adopter. Les points caractéristiques de chaque axe sont présentés dans la figure 3.

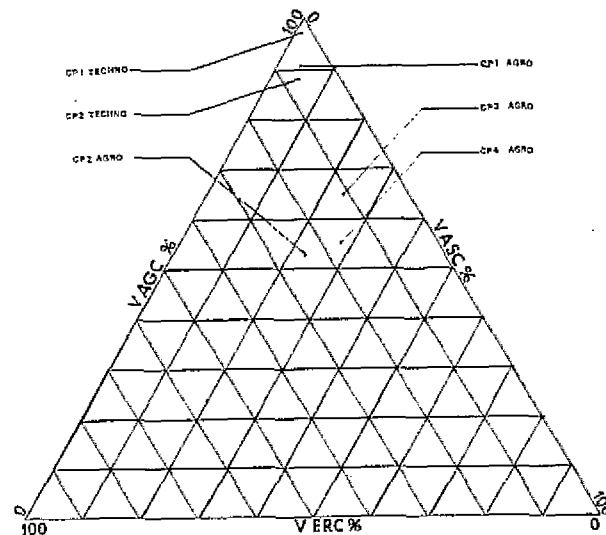
Axes agronomiques

Sur l'axe 1, les effets additifs représentent plus de 90 % de la variation, alors que sur les axes 2 et 4, aucun des trois effets ne l'emporte. L'axe 3 se trouve dans une situation intermédiaire où les effets de réciprocity sont minoritaires.

Axes technologiques

L'AGC assure à elle seule, respectivement sur les axes 1 et 2, 96 % et 87 % de la variation. Bien que des effets attribuables aux relations noyau/cytoplasme aient été décelés dans l'analyse de la variance, leur part est minime face aux effets additifs.

Fig. 3. — Triangle des variances des composantes principales.



Valeur des individus en croisement

Nous avons représenté sur les quatre composantes agronomiques et les deux composantes technologiques retenues, les valeurs des 8 parents et des 56 croisements de la table diallele (fig. 4 à 7), les ASC significatives et les AGC avec leurs limites de signification (fig. 8 à 10).

Axe 1 agronomique

Nous recherchons sur cet axe des structures présentant une bonne vigueur. Les parents 2, 4, 5 se comportent très bien en croisement et possèdent des AGC significatives. On trouve à un degré moindre les lignées 3 et 8. Notons que 3×4 et 2×5 possèdent de bonnes ASC.

Axe 2 agronomique

Il est indispensable de ne pas avoir des valeurs trop faibles pour cet axe d'adaptation au semis dense, c'est-à-dire d'éviter les individus ayant un port végétatif. A cet égard, seul le parent 7 est très mal placé, possédant une AGC très faible. Notons aussi une faiblesse du parent 2 dont les combinaisons 4×2 , 2×4 et 4×3 se présentent très végétatives. A l'opposé, pour ce caractère, 6 est un très bon parent.

Tableau 7. — Héritabilités au sens large et au sens strict

Héritabilité	Agronomie				Technologie	
	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 1	Axe 2
h ^L	0,78	0,42	0,54	0,34	0,97	0,58
h ^S	0,76	0,17	0,30	0,18	0,95	0,56

Axe 3 agronomique

Cet axe, comme nous l'avons vu précédemment, n'a pas de valeur de critère de sélection. Néanmoins, on pourra l'utiliser sous l'aspect descriptif et prévisionnel pour les géotypes choisis. Dès à présent, il apparaît que les hybrides incluant le parent 6 auront relativement de petites capsules.

Axe 4 agronomique

Sur cet axe, le parent 4 de par son AGC semble apporter une contribution défavorable. Mais cette composante étant peu discriminante, l'ensemble des individus se situent dans un intervalle étroit dont les extrêmes sont encore largement acceptables.

Axe 1 technologique

Les ACP pour les caractères agronomiques et technologiques ayant été menées séparément, les axes de ces deux groupes de caractères ne seront pas forcément indépendants. Il en résulte un certain nombre de contraintes. En particulier, l'examen de la figure 4, représentant les individus sur les deux axes de vigueur agronomique et technologique, in-

dique qu'il y a une liaison entre ces deux variables. Le calcul montre un coefficient de corrélation de $-0,71$ hautement significatif, c'est-à-dire que se référant à la définition des axes, une bonne vigueur agronomique sera préférentiellement associée à une bonne vigueur technologique. C'est en effet le cas pour 2, 4 et 5 possédant de bonnes AGC. Le 8 reste en retrait, alors que le 3 semble être le meilleur parent pour cet axe. Toutefois, il faudra surveiller les faiblesses d'allongement sur la descendance des individus ayant une forte valeur sur l'axe 1 technologique.

Axe 2 technologique

Sur cet axe il est souhaitable d'éviter dans la mesure du possible les valeurs positives, c'est-à-dire les faibles longueurs associées aux gros micronaires. Par contre, dans les valeurs négatives, on peut aller jusqu'aux extrêmes, ceux-ci possédant de toute manière des valeurs très acceptables de micronaire. Les lignées 3 et 4 ont d'excellentes AGC. A l'opposé, on trouve des AGC médiocres pour les lignées 2, 5 étant dues à un fort micronaire, et 1 possédant une longueur trop faible.

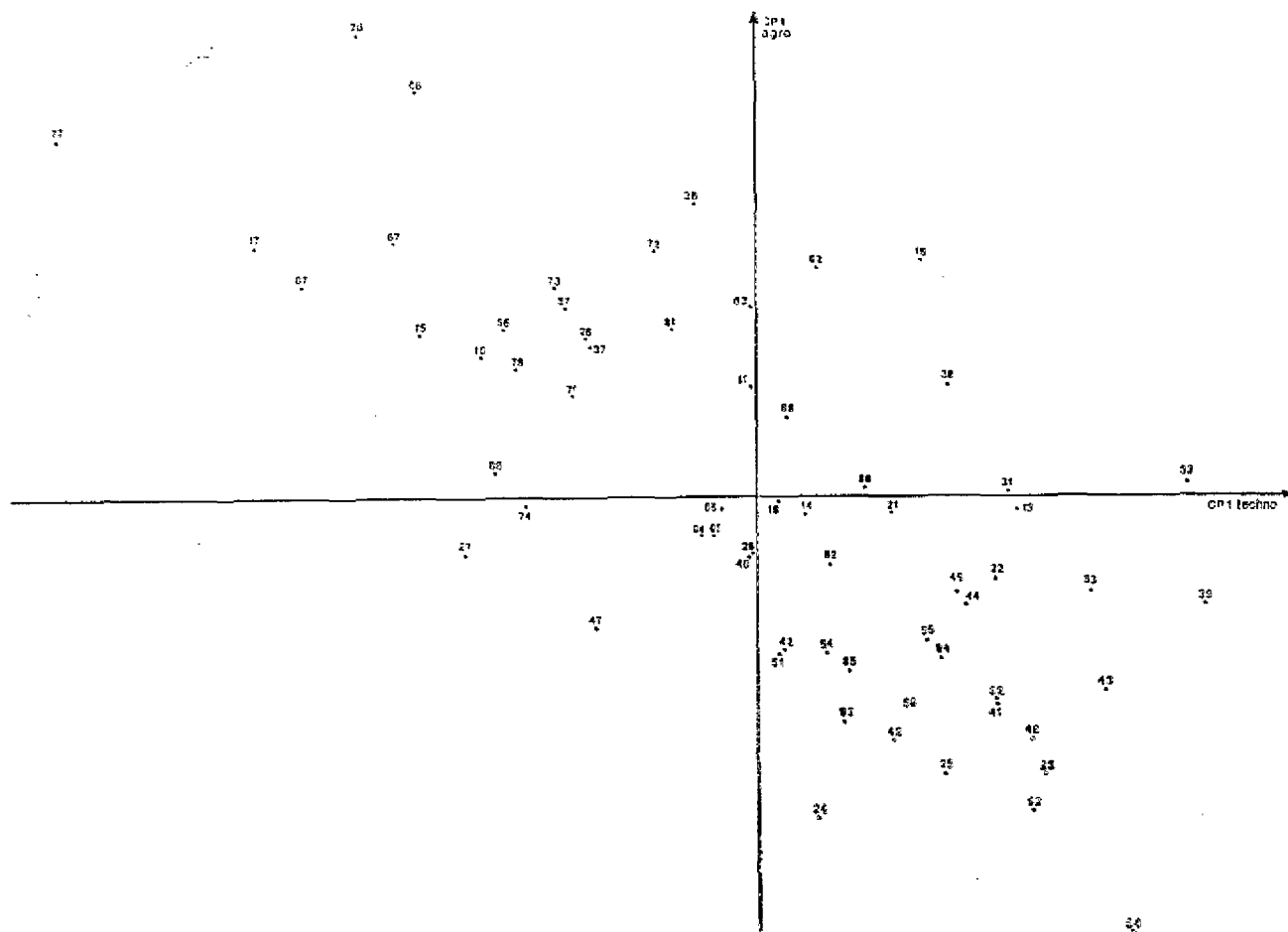


Fig. 4. — Représentation des individus moyens sur les axes 1 et 2 agronomiques (le premier chiffre représente le parent femelle, le second le parent mâle).

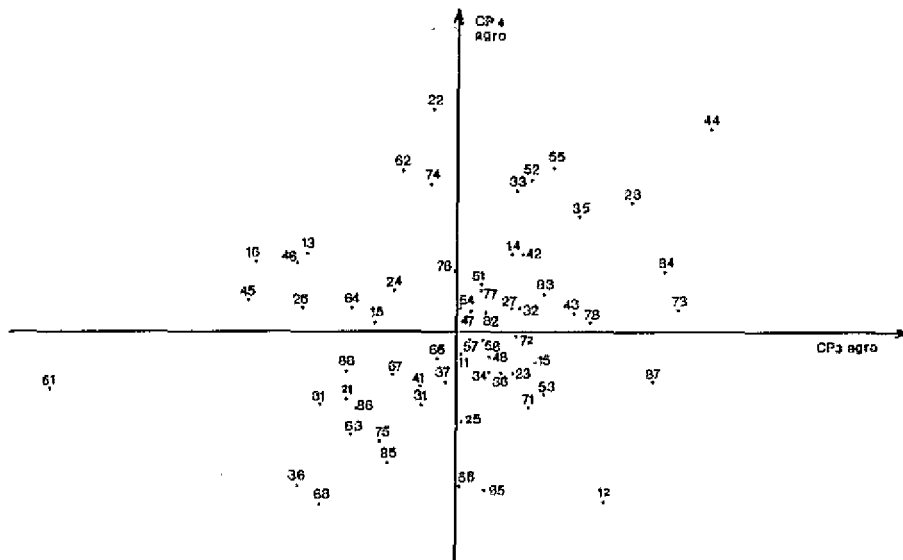


Fig. 5. — Représentation des individus moyens sur les axes 3 et 4 agronomiques.

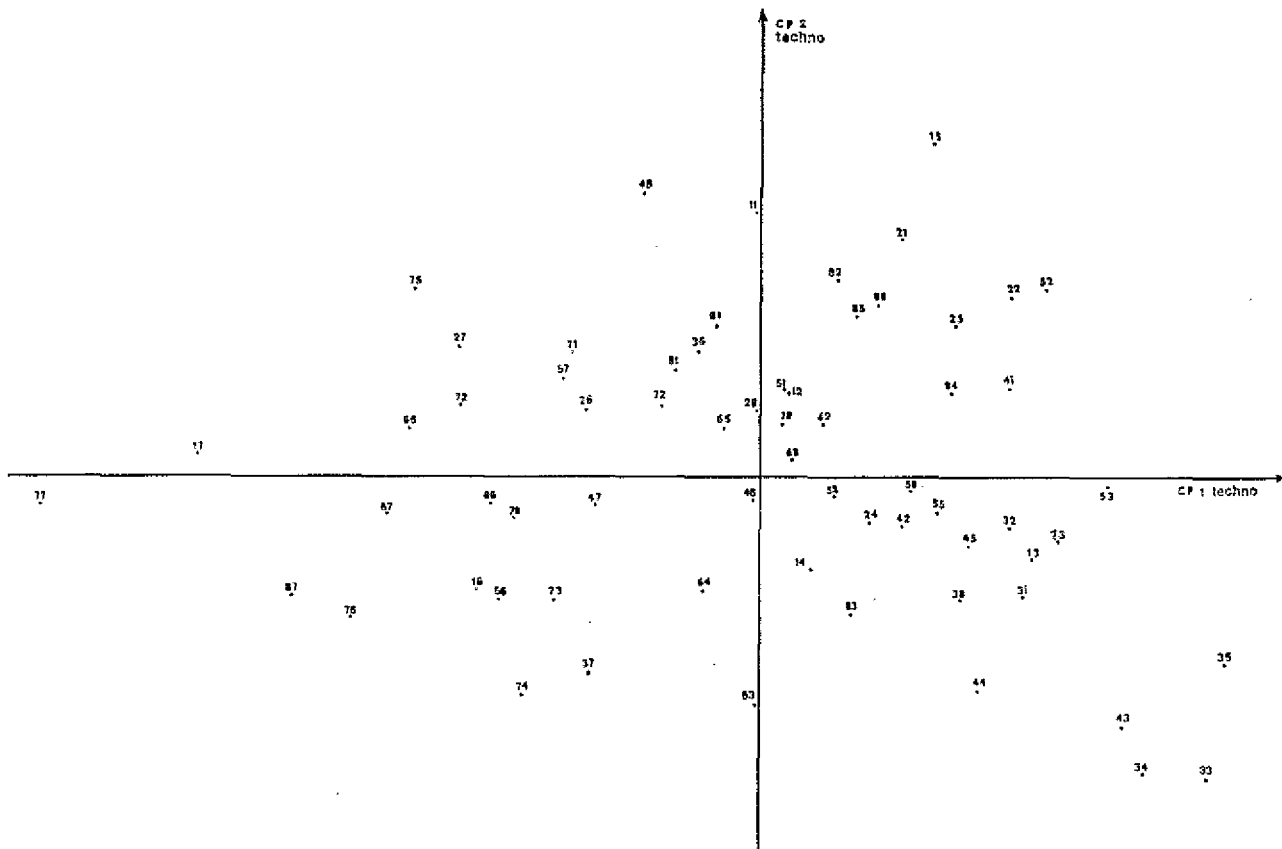


Fig. 6. — Représentation des individus moyens sur les axes 1 et 2 technologiques.

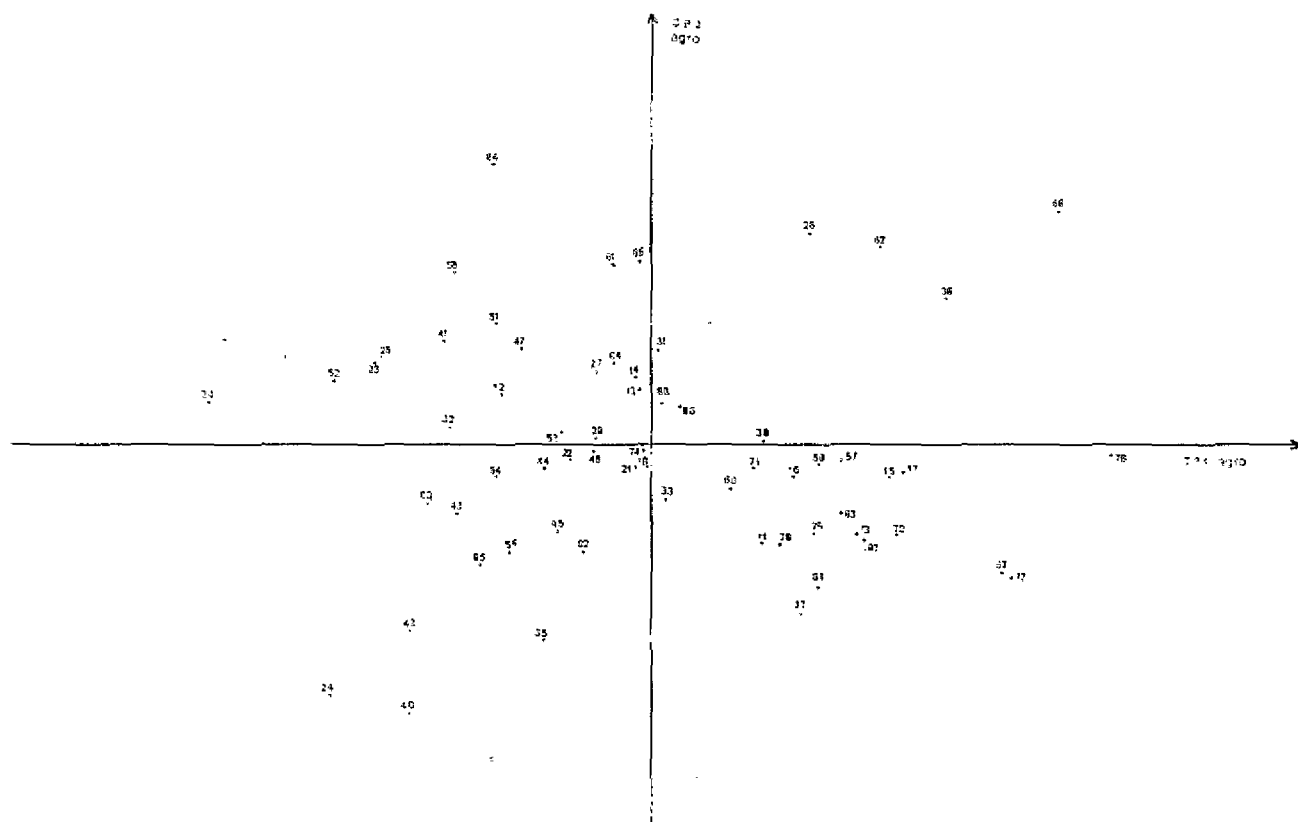


Fig. 7. — Représentation des individus moyens sur les axes 1 agricole et technologique.

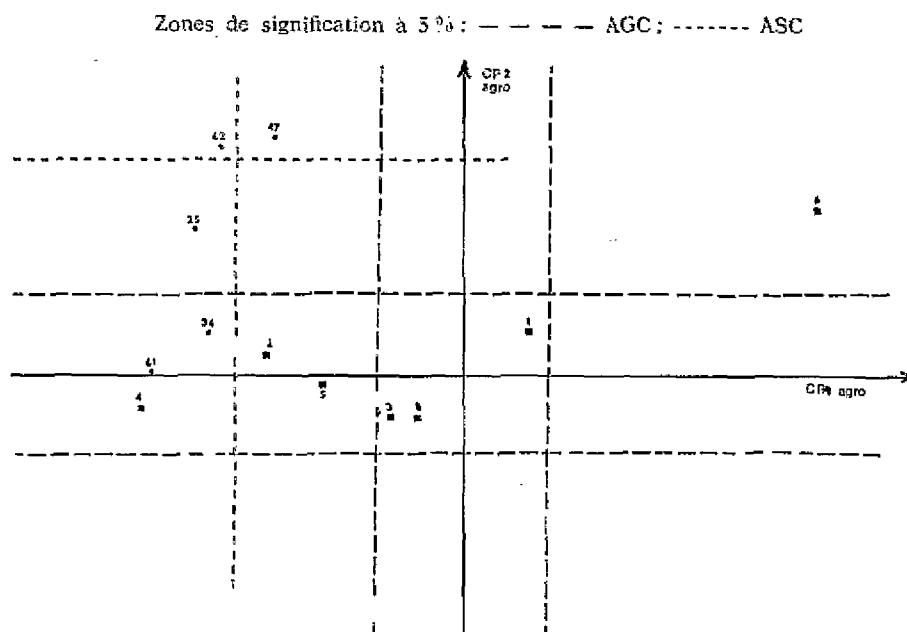


Fig. 8. — Représentation des ASC significatifs et des AGC sur les axes 1 et 2 agricoles

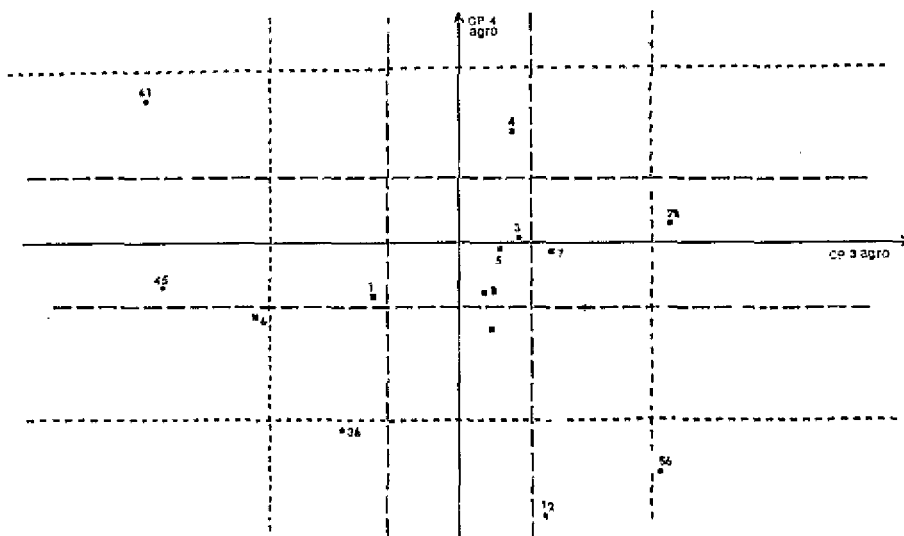


Fig. 9. — Représentation des ASC significatives et des AGC sur les axes 3 et 4 agronomiques.

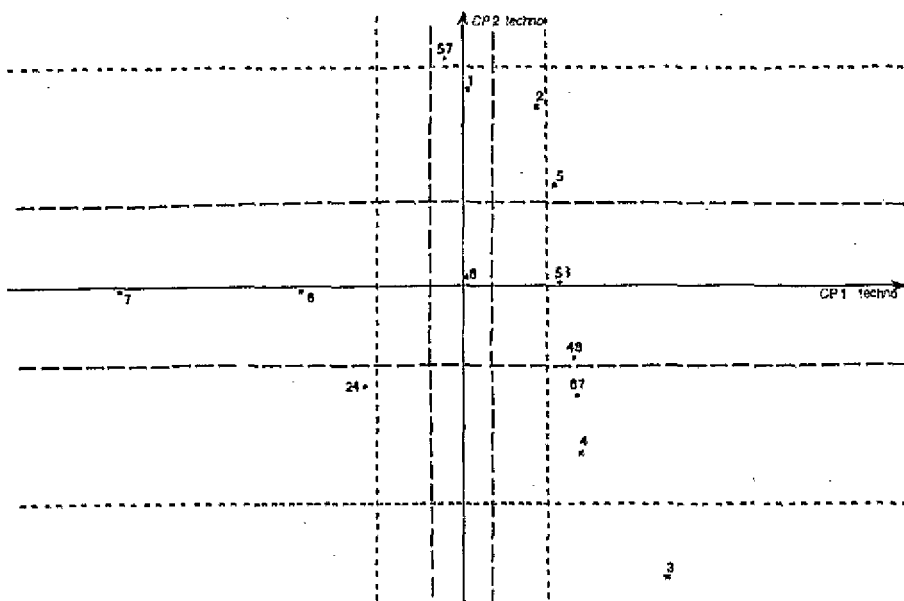


Fig. 10. — Représentation des ASC significatives et des AGC sur les axes 1 et 2 technologiques.

STRATÉGIE D'AMÉLIORATION

La comparaison des variances des effets géniques (AGC, ASC) et de réciprocité (ERC) nous indique la stratégie d'amélioration à suivre pour l'exploitation de notre diallèle (DEMARLY, 1972).

— Si l'importance des effets additifs (forte variance AGC) est démontrée, on s'orientera vers la création de nouvelles balances internes par un choix rigoureux des meilleurs parents avant la phase d'hybridation ;

— S'il est possible de mettre en évidence des effets d'aptitude spécifique à la combinaison, on recherchera de meilleures balances de relation en rendant prioritaire la réalisation d'un grand nombre de croisements.

— S'il existe des effets de réciprocité, il conviendra de respecter le sexe de chaque parent pour déterminer le sens d'un croisement.

Parmi les six variables synthétiques retenues après les analyses en composantes principales, seuls l'axe 1 agronomique (vigueur générale) et les axes 1 et 2 technologiques (vigueur de la fibre, forme de la fibre) permettent de faire un choix discriminant d'une manière efficace, du fait de leur bonne valeur d'héritabilité. En effet à notre sens, sur les axes 2 et 4 agronomiques (adaptation au semis dense, physiologie de la fructification), la variance due au milieu est trop importante par rapport à celle de l'effet génotype. L'axe 3 agronomique (opposition poids/nombre de capsules), quant à lui, n'a qu'une valeur descriptive.

Sur les trois axes intéressants, la variation des effets d'AGC est très supérieure à celle des effets d'ASC et de réciprocité. Cette importante gamme de choix dans les balances internes conduit très simplement à retenir les géniteurs ayant les meilleurs apports moyens. Sur cet aspect, il est clair que les lignées 6 et 7 (P 279 et DP 16) sont médiocres ou tout au plus moyennes. A l'opposé, 2 et 5 (A 209-9 et A 476-3) ont des apports intéressants au niveau agronomique, 3 (A 495-5) au niveau technologique et 4 (A 415-4) se révèle très bon dans les deux domaines. Nous retiendrons également la lignée 8 (ISA 4 ne) qui, bien que se situant à un niveau légèrement inférieur, est intéressante par la présence des caractères glandless et nectariless. Il aurait pu être souhaitable d'exploiter le port très fructifère du parent 6 (P 279), mais sa faible vigueur agronomique et sa technologie très insuffisante le rendent inutilisable.

Il ressort donc de cette étude que la stratégie à adopter pour améliorer notre matériel devra être dirigée vers la recherche de nouvelles balances internes et qu'il est pratiquement inutile de travailler les aptitudes spécifiques à la combinaison ou de tenir compte du sens des croisements. Trois voies peuvent être définies pour atteindre ce résultat :

- l'amélioration des 5 lignées parentales choisies avant de refaire des croisements (A) ;
- la sélection généalogique à l'intérieur des 10 combinaisons F1 faisant intervenir les cinq parents sélectionnés (ou 20 si l'on considère les croisements réciproques) (B) ;
- la réalisation de croisements entre F1 (croisements pyramidaux ou multi F1) (C).

(A) Les lignées qui ont servi en 1980 aux croisements de notre diallèle font partie d'un dispositif de sélection qui n'a jamais été interrompu. Elles proviennent de souches isolées en 1978 (parents 2, 3, 4 et 5), et 1979 (parent 8) qui ont continué à être suivies en sélection généalogique massale pedigree (population principale pour le parent 2, population de réserve pour les parents 3, 4 et 5) ou en sélection généalogique simple (parent 8). Nous disposons donc dès maintenant de lignées améliorées provenant de ces cinq parents. Les croisements entre les meilleurs descendants issus de ces lignées peuvent donc être immédiatement effectués. Ils pourront être exploités selon les deux méthodes d'exploitation des F1 que nous allons présenter maintenant.

(B) La sélection généalogique dans les descendance des meilleures combinaisons F1 sera d'autant plus efficace que les caractères retenus possèdent une bonne héritabilité au sens strict. Nous distinguerons deux cas :

1. Les combinaisons F1 issues des parents peu consanguins : nous n'opérerons pas un choix trop sévère dans les premières générations, de manière à ne pas réduire trop rapidement la variance additive avant qu'une grande partie du matériel génétique ne soit stabilisée par homozygotie.

2. Les combinaisons issues de parents très consanguins (3 et 4 qui sont deux lignées issues d'une même souche L 299-29 ou 2 et 8 qui ont un fonds génique commun à base de L 299-10) : la pression de sélection pourra être plus faible dès la F2. En effet, l'hybride étant fortement homozygote, les qualités fixables, c'est-à-dire les potentialités des individus, ne seront que faiblement masquées par l'hétérozygotie.

L'étude systématique de la F2 permettra d'apprécier la valeur en lignée de chaque génotype parental (GALLAIS, 1979).

(C) La méthode précédente a l'inconvénient de réduire statistiquement de moitié l'efficacité des crossing over à chaque génération. La troisième voie consistera à créer de nouveaux hybrides à plusieurs parents en croisant entre eux les hybrides F1 (croisements pyramidaux ou « multi F1 », DEMARLY, 1977). Les 10 F1 retenues seront croisées entre elles pendant plusieurs générations, afin de multiplier les possibilités de recombinaisons.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons apprécier la valeur que constitue l'outil du diallèle pour le sélectionneur et l'intérêt du recours aux analyses en composantes principales pour simplifier le traitement des données. Nous avons pu ainsi réaliser une évaluation précise de la variabilité des lignées testées qui sont, en fait, représentatives du matériel exploité dans les programmes de sélection actuels de Bouaké. Enfin, nous avons réussi à établir les bases d'une stratégie d'exploitation de ce matériel, fondée sur l'importance des effets additifs qui régissent les caractéristiques que nous cherchons à améliorer.

La prépondérance des effets d'additivité révèle également les limites de notre matériel : on peut entrevoir dès maintenant les gains espérables en sélection, mais il ne sera pas possible de faire progresser au-delà des bornes fixées par les valeurs des parents les meilleurs, dans la mesure où il existe peu d'interactions entre gènes. Si nous voulons dépasser ces limites, il devient évident qu'il faut rechercher de nouvelles sources de variabilité.

On peut se demander s'il est vraiment utile de dépasser les seuils actuels : de plus grandes longueurs

de fibre, par exemple, poseraient le problème de l'évolution des techniques d'égrenage. Toutefois, il apparaît désirable de chercher à réaliser la difficile augmentation simultanée de la résistance et de l'allongement, d'une part, de la maturité et de la finesse, d'autre part. Enfin, il reste toutes les caractéristiques agronomiques dont l'amélioration est souhaitable sans limites.

L'amélioration du niveau actuel des caractéristiques peut être atteint soit avec des lignées possédant des gènes à valeur additive supérieure aux nôtres, soit avec un matériel qui développerait des effets d'interactions entre gènes. Dans le premier cas, il semble difficile de trouver actuellement des lignées de *G. hirsutum* qui apparaîtraient beaucoup plus performantes que celles que nous avons testées. Dans le second cas, il conviendrait de tester systématiquement le plus grand nombre d'aptitudes spécifiques à la combinaison. Toutefois, la prédominance des effets d'additivité semble être générale chez le cotonnier : elle a déjà été notée dans la plupart des études qui ont été faites sur le sujet (LEFORT et SCHWENDIMAN, 1974; CATELAND et SCHWENDIMAN, 1976; WHITE et RICHMOND, 1963; PATIL et SHERIFF, 1980). La recherche de combinaisons révélant des ASC significatives est donc probablement difficile à l'intérieur de l'espèce.

Mais il est d'autres voies de création de variabilité à la disposition du sélectionneur.

L'hybridation interspécifique avec les espèces du genre *Gossypium* constitue une technique dont l'exploitation est fructueuse et qui a été déjà largement utilisée (KNIGHT, 1946; MEYER, 1961; KAMMACHER, 1956).

Même les génomes les plus éloignés de l'espèce cultivée *G. hirsutum* peuvent introgresser cette dernière (HAU, 1982). La mise au point de techniques de fusion de protoplastes et la culture d'embryons pourraient permettre de lever les barrières de compatibilité encore existantes entre certains génomes diploïdes. L'exploitation du croisement interspécifique entre les deux espèces voisines *G. hirsutum* et *G. barbadense*, outre les possibilités qu'elle offre au niveau des hybrides F1, pourrait conduire à la création de nouvelles lignées (SCHWENDIMAN, 1974).

La mutagenèse constitue également une voie dans la recherche de la variabilité. Les résultats de l'action des agents mutagènes, tant physiques que chimiques, sont aléatoires et souvent inexploitable. Néanmoins, quelques cas de mutations intéressantes ont été décrits sur le cotonnier (ROUX, 1980).

Certaines techniques de culture *in vitro* peuvent conduire à une reproduction non conforme de l'individu initial (NOZERAN et BANCILHON, 1972). La néoformation de bourgeons à partir de cals provoque l'apparition dans des proportions non négligeables de variants dont le comportement nouveau peut être attribuable à une modification du contrôle génétique. L'emploi de culture d'anthères *in vitro* induit également une variabilité par rapport aux plantes de départ homozygote (RAQUIN, 1980).

La mise au point et la pratique de ces techniques particulières rendront l'amélioration cotonnière capable de répondre à long terme à une industrie et une agriculture toujours plus exigeantes.

Remerciements

Nous remercions MM. A. CHARRIER et M. NOIROT, Généticiens au Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (Côte-d'Ivoire), pour leurs conseils précieux sur l'interprétation des données.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAKER J.L. and VERHALEN L.M., 1975. — Heterosis and combining ability for several agronomic and fibre properties among selected lines of Upland cotton. *Cott. Grow. Rev.*, 52, 3, 309-223.
2. BALUCH M.A.A., 1981. — Status and future of hybrid cotton in Pakistan. *Seminar on hybrid cotton, I.C.A.C., Lisbonne (Portugal)*, October 1981.
3. CATELAND B. et J. SCHWENDIMAN, 1976. — Croisement diallele entre variétés de cotonniers américains ou africains : comportement de six caractéristiques de la fibre, approche des structures génétiques et implications possibles pour l'amélioration. — *Cot. Fib. trop.*, 31, 3, 349-367.
4. DEMARLY Y., 1972. — Commentaires sur les aptitudes à la combinaison. *Ann. Amélior. Plantes*, 22, 2, 187-200.
5. DEMARLY Y., 1977. — Génétique et amélioration des plantes. *Collection Sciences agronomiques*. Masson éd.
6. DUNCAN D.B., 1955. — Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 1-42.
7. GALLAIS A., 1979. — Le concept de valeurs en lignées d'un génotype et son utilisation possible en sélection. *Ann. Amélior. Plantes*, 29, 1, 1-22.
8. GOEBEL S., B. HAU et J. SCHWENDIMAN, 1979. — L'amélioration du cotonnier en Côte-d'Ivoire par sélection massale pedigree. *Cot. Fib. trop.*, 34, 2, 215-228.
9. GRIFFING B., 1956. — Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian J. Biol. Sci.*, 9, 463-493.
10. HAU B., 1982. — Lignées d'addition sur l'espèce *G. hirsutum* L. III. Evolution d'une collection de lignées d'addition de *G. anomalum* et de *G. stockii* sur *G. hirsutum* après plusieurs générations d'autofécondation. *Cot. Fib. trop.*, 37, 2.
11. HAU B. et D. MERDINOGLU, 1982. — Méthode d'analyse d'un croisement diallele à l'aide d'une calculatrice programmable. *Cot. Fib. trop.*, 37, 3.
12. KAMMACHER P., 1956. — Les possibilités actuelles d'application de l'hybridation interspécifique à l'amélioration du cotonnier en milieu africain. *Cot. Fib. trop.*, 11, 2, 1-36.

13. KEMPTHORNE O., 1969. — An introduction to genetic statistics. *Iowa State University Edit.*
14. KNIGHT R.L., 1946. — Resistance to the black arm disease. *Emp. J. exp. agric.*, 14, 56, 161-174.
15. LEFORT P.L. et J. SCHWENDIMAN, 1974. — Etude d'un matériel d'origine triple hybride *Gossypium hirsutum* × *Gossypium arboreum* × *Gossypium raimondii* :
I. Applications de l'analyse multivariable à la description des lignées de base. *Cot. Fib. trop.*, 29, 3, 307-318.
II. Heterosis, inbreeding et aptitudes à la combinaison. *Cot. Fib. trop.*, 29, 4, 405-413.
III. Epistasie, hérédité des principales caractéristiques utiles. Conclusions générales. *Cot. Fib. trop.*, 29, 4, 415-435.
16. MEYER J.R. and V.G. MEYER, 1961. — Origin and inheritance of nectariless cotton. *Crop Sci.*, 1, 167-169.
17. NOZERAN R. et L. BANCILHON, 1972. — Les cultures *in vitro* en tant que technique pour l'approche des problèmes posés par l'amélioration des plantes. *Ann. amélior. plantes*, 22, 167-185.
18. PATIL M.S. and R.A. SHERIFF, 1980. — Diallel analysis of the inheritance of some quantitative characters in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*).
I. Heterosis. *Mysore J. Agric. Sci.*, 14, 3, 287-294.
19. RAQUIN, 1980. — In : La multiplication végétative des plantes supérieures. *Gauthier-Villars, edit.*
20. RAMACHAN DRAN K., 1981. — Current status of hybrid cottons in India. *Seminar on hybrid cotton. I.C.A.C. Lisbonne (Portugal)*, Oct. 1981.
21. RAY L. and T.R. RICHMOND, 1966. — Morphological measures of earliness of crop maturity in cotton. *Crop Sci.*, 6, 6, 527-531.
22. ROUX J.B., 1980. — L'amélioration génétique du cotonnier : orientations récentes. *Communication au groupe consultatif d'experts sur l'amélioration des plantes oléagineuses par mutations induites. Vienne (Autriche)*, 1980.
23. SCHWENDIMAN J., 1974. — Les lignées issues du croisement entre *Gossypium hirsutum* L. et *Gossypium barbadense* L. I. L'obtention de lignées stables ; la description et la comparaison de quelques lignées types. *Cot. Fib. trop.*, 29, 3, 283-287.
24. SCHWENDIMAN J., S. GOEBEL et R. KAMMACHER, 1975. — Utilisation des coefficients de piste pour la détermination des composants de la productivité dans un matériel dérivant d'un triple hybride de cotonnier *G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*. *Cot. Fib. trop.*, 30, 3, 277-281.
25. WHITE T.G. and T.R. RICHMOND, 1963. — Heterosis and combining ability in top diallel crosses among primitive foreign and cultivated american Upland cotton. *Crop Sci.*, 3, 1, 58-63.

SUMMARY

A diallel cross between eight lines of *Gossypium hirsutum* representative of the material bred at Bouaké has been analysed according to the GRIFFING fixed model (1956). To facilitate the presentation of the results, the seventeen agronomic variables and the eight technological variables measured have been reduced respectively to four and two axes of analysis in principal components.

The predominance of the additive effects informs the breeder that the improvement of the material is based on the utilization of general combinability. This result also shows the limits of the progress that is possible from the material used at Bouaké and the necessity of resorting to new sources of variability in the long term.

RESUMEN

Un cruzamiento diallelo entre ocho líneas de *Gossypium hirsutum* representativas del material seleccionado en Bouaké ha sido analizado según el método fijo de GRIFFING (1956). Para facilitar la presentación de los resultados, las diecisiete variables agronómicas y las ocho variables tecnológicas medidas fueron reducidas a, respectivamente, cuatro y dos ejes de análisis en componentes principales.

La predominancia de los efectos de aditividad indica al seleccionador que el mejoramiento del material estudiado pasa por la explotación de la aptitud general para la combinación. Este resultado muestra también los límites de los progresos posibles, a partir del material trabajado en Bouaké y la necesidad de recurrir a largo plazo a nuevas fuentes de variabilidad.